



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09190900 A**(43) Date of publication of application: **22.07.97**

(51) Int. Cl.

H05H 1/46
C23C 16/50
C23F 4/00
H01L 21/205
H01L 21/3065
H01L 21/31

(21) Application number: **08324784**(22) Date of filing: **20.11.96**(62) Division of application: **07262260**

(71) Applicant: **TOKYO ELECTRON LTD TOKYO
 ELECTRON TOHOKU LTD FUJI
 ELECTRIC CO LTD**

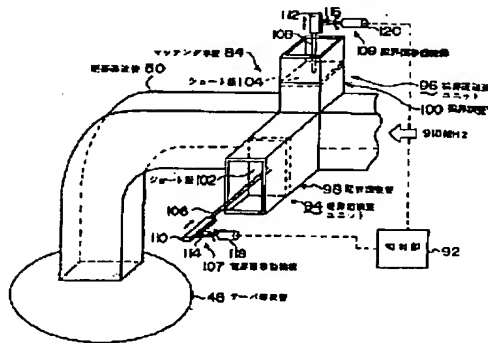
(72) Inventor: **KAWAKAMI SATOSHI
 KOGUCHI MAKOTO**

(54) **PLASMA PROCESSING DEVICE**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma processing device which can nullify the reflex electric power of microwaves substantially.

SOLUTION: From a microwave generator 52, microwaves are introduced via a waveguide pipe 50 into a processing vessel 2 in which a material to be processed W is accommodated, and thereby a plasma is produced so that the material W is subjected to a specified processing. In this plasma processing device, the waveguide pipe 50 is fitted with a matching means 84 for eliminating the reflected waves from the processing vessel 2, and thereby the reflex electric power of the microwaves is nullified substantially.



COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-190900

(43)公開日 平成9年(1997)7月22日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H	1/46		H 0 5 H 1/46	C
C 2 3 C	16/50		C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F	4/00		C 2 3 F 4/00	D
H 0 1 L	21/205		H 0 1 L 21/205	
	21/3065		21/31	C
審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 7 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平8-324784
 (62)分割の表示 特願平7-262260の分割
 (22)出願日 平成7年(1995)9月14日

(71)出願人 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂5丁目3番6号
 (71)出願人 000109576
 東京エレクトロン東北株式会社
 岩手県江刺市岩谷堂字松長根52番地
 (71)出願人 000005234
 富士電機株式会社
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
 (74)代理人 弁理士 浅井 章弘

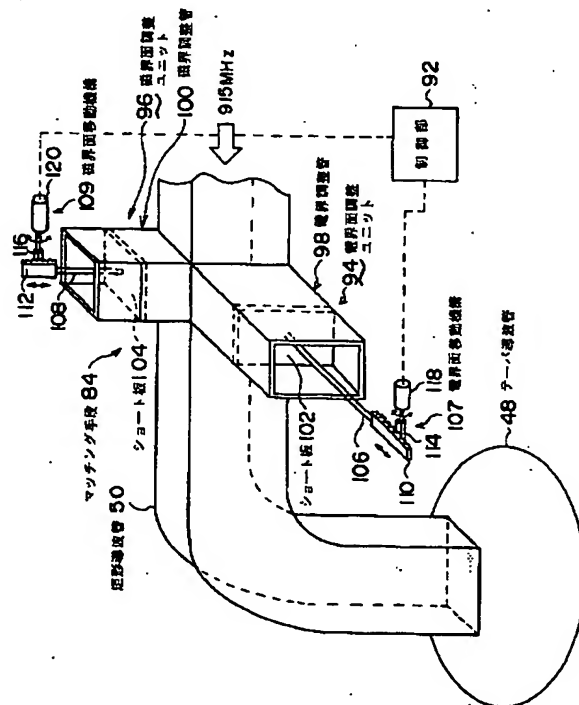
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【要約】

【課題】 マイクロ波の反射電力を略なくすることができるプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 被処理体Wを収容した処理容器2内にマイクロ波発生器52から導波管50を介してマイクロ波を導入してプラズマを発生させて、前記被処理体に所定の処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、前記導波管に、前記処理容器からの反射波をなくすためのマッチング手段84を設けるように構成する。これにより、マイクロ波の反射電力を略なくす。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理体を收容した処理容器内にマイクロ波発生器から導波管を介してマイクロ波を導入してプラズマを発生させて、前記被処理体に所定の処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、前記導波管に、前記処理容器からの反射波をなくすためのマッチング手段を設けるように構成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 前記導波管は断面矩形の矩形導波管よりなり、前記マッチング手段は、電界面を調整する電界面調整ユニットと、磁界面を調整する磁界面調整ユニットとを有することを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 前記各ユニットは、前記矩形導波管に接続される調整管と、この調整管内に沿って移動可能になされたショート板とによりそれぞれ形成されていることを特徴とする請求項 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記導波管には、前記処理容器からの反射波を検出する反射電力検出器が設けられると共に、前記各ショート板は移動機構に接続されており、前記検出器の出力に基づいて前記移動機構を制御して前記ショート板の位置調整を行なう制御部を含むことを特徴とする請求項 3 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記マッチング手段は、EH チューナであることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体ウエハ等の被処理体に所定の処理を施すプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、半導体製品の高密度化及び高微細化に伴い半導体製品の製造工程において、成膜、エッチング、アッシング等の処理のためにプラズマ処理装置が使用される場合があり、特に、0.1~10mTorr 程度の比較的圧力が低い高真空状態でも安定してプラズマを立てることができることからマイクロ波とリング状のコイルからの磁場とを組み合わせ高密度プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ装置が使用される傾向にある。従来、この種のマイクロ波プラズマ装置としては例えば磁場形成手段を有するプラズマ発生室にマイクロ波導入口を設けて電子サイクロトロン共鳴空間を形成し、プラズマ発生室からイオンを引き出して反応室内の処理ガスをこのプラズマで活性化させて成膜処理等を行なうものが知られている。

【0003】 図 4 はこのような従来のプラズマ処理装置を示す概略構成図であり、例えばアルミニウム等により円筒状に成形された処理容器 2 内には、被処理体としての半導体ウエハ W を載置するための載置台 4 が設けられ

る。この処理容器 2 は上部が段部状に狭めてあり、この部分をプラズマ室 6 として構成すると共にこの下方を反応室 8 として構成している。プラズマ室 6 の上方には、この処理容器 2 の天井部を密閉する例えば石英製の天井蓋 10 が気密に設けられており、この部分にマイクロ波導入窓 12 を形成している。

【0004】 このマイクロ波導入窓 12 に臨ませて、円錐状のテーパ導波管 14 が接続されると共にこのテーパ導波管 14 の頂部には矩形導波管 16 が接続される。そして、この矩形導波管 16 には、例えば 2.45GHz のマイクロ波を発生するマイクロ波発生器 18 が介設されており、ここで発生したマイクロ波をこれらの導波管 16、12 を介して導入窓 12 からプラズマ室 6 内へ導入できるようになっている。また、処理容器 2 のプラズマ室 6 の外側及び容器底部の下方には、それぞれリング状のメインコイル 20 及びサブコイル 22 が配置されており、各コイル 20、22 より発生する下向き磁界により処理容器 2 内の全体に亘って下方向に向うミラー磁界を形成するようになっている。ここで、上記磁界とマイクロ波は電子サイクロトロン共鳴条件を満足するように設定されており、2.45GHz のマイクロ波に対しては、磁場の大きさは略 875 ガウスとなっている。

【0005】 従って、プラズマ室 6 に導入されたプラズマガス、例えばアルゴンガスは、投入されたマイクロ波と磁場との相互作用により生ずる電子サイクロトロン共鳴によってプラズマ化され、この下方に供給される処理ガス、例えば成膜ガスとしてのシランガスや酸素を活性化して反応させ、ウエハ表面上に成膜を施すようになっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、マイクロ波を処理容器 2 内に投入する場合、発生するプラズマ濃度の変化等に起因して生ずるプラズマのインピーダンス変動は避けられず、このため、マイクロ波発生器 18 から出力されたマイクロ波電力が全て処理容器 2 内に投入されるのではなく、インピーダンス不整合に起因していくらかの反射電力が発生してしまう。

【0007】 この場合、プラズマ発生に寄与する実効電力は、出力電力と反射電力との差であるが、反射電力については管理が行なわれておらず、出力電力のみが管理されていることから、プラズマのインピーダンス状態によっては、ウエハ毎に投入電力が異なる場合も生じ、そのために処理の再現性が劣化する場合もあるといった問題もあった。また、このような反射電力自体は、プラズマ化に寄与しない電力であるので無効電力となり、電力消費の観点からも反射電力の存在は好ましいものではなかった。

【0008】 本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、マイクロ波の反射電力を略なくすことができ

るプラズマ処理装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、被処理体を収容した処理容器内にマイクロ波発生器から導波管を介してマイクロ波を導入してプラズマを発生させて、前記被処理体に所定の処理を施すようにしたプラズマ処理装置において、前記導波管に、前記処理容器からの反射波をなくすためのマッチング手段を設けるように構成したものである。

【0010】本発明によれば、導波管にマッチング手段を設けたので、これを調整することにより、導波管のインピーダンスをプラズマのインピーダンスと整合させることができ、従って、マイクロ波の反射電力をほとんどなくすることができる。マッチング手段としてはマイクロ波の電界面を調整する電界面調整ユニットと、この電界面に直交する磁界面を調整する磁界面調整ユニットを備えることができ、これらを適宜調整してインピーダンス整合を図る。このようなマッチング手段としては、例えば公知のEHチューナを用いることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係るプラズマ処理装置の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図1は本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す断面図、図2は図1に示すプラズマ処理装置のマイクロ波導入系を示す斜視図、図3はマッチング手段を示す断面図である。図4に示す部分と同一部分については同一符号を付す。

【0012】本実施例では、プラズマ処理装置として電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマCVD装置を例にとった場合について説明する。このプラズマ処理装置24は、略全体が例えばアルミニウムにより円筒体状に成形された処理容器2を有しており、この容器底部には、被処理体としての半導体ウエハWを載置するための例えばアルミニウム製の載置台4が設置されると共に、この上面には内部に円板状の銅箔26を埋め込んでなる、例えばポリイミド樹脂製の静電チャック28が貼り付けて設けられている。

【0013】この銅箔26には給電線30を介して直流電源32とマッチングボックス34を介して例えば13.56MHzのバイアス用高周波電源36が並列に接続されており、スイッチ部38を閉じて高い直流電圧を静電チャック26に供給することにより発生するクーロン力によりウエハWを吸着保持する。また、静電チャック26にバイアス高周波を印加することにより、イオンの引き込みを効率的に行なうようになっている。

【0014】また、載置台4内には、プラズマ処理時にウエハWが過度に加熱されることを防止するためにこれを冷却する冷却ジャケット39や必要時にウエハWを加熱するための加熱ヒータ40がそれぞれ設けられており、それぞれ冷媒源42及び加熱源44に接続されてい

る。処理容器2は、上部が段部状に狭められており、この部分をプラズマ室6とし、その下方を反応室8として処理室内を上下に2分割している。プラズマ室6の天井部は開口されて、この部分にマイクロ波を透過するために例えばAlN（窒化アルミ）等の誘電体よりなる天井蓋10がOリング等のシール部材46を介して気密に設けられており、マイクロ波導入窓12を構成している。

【0015】このマイクロ波導入窓12には、図2にも示すように円錐状になされたテーパ導波管48が接続されると共に、このテーパ導波管48は、断面矩形状の矩形導波管50を介してマイクロ波発生器52に接続されており、プラズマ室6内にマイクロ波を導入し得るようになっている。

【0016】本実施例においては、マイクロ波の周波数として、例えば2.45GHzの工業用周波数を用いている。また、処理容器2の直径L1は、一般にはウエハサイズよりも略5cm程度大きく、例えばウエハサイズが8インチの場合には略250mm程度に設定され、12インチの場合には略350mm程度に設定される。

【0017】上記段部状のプラズマ室6の側方には、これを取り囲むようにリング状のメイン電磁コイル54が設けられ、また、反応室8を挟んで容器底部の下方には同じくリング状になされたサブ電磁コイル56が配置されており、プラズマ室6内及び反応室8内に下向きのミラー磁界M1を形成してイオンの閉じ込めを効果的に行なうと共にこの磁界M1と投入されたマイクロ波とで電子サイクロトロン共鳴を生ぜしめてプラズマを発生するようになっている。

【0018】また、プラズマ室6を区画する側壁にはプラズマガス導入ノズル58が設けられており、このノズル58にはガス通路60を介してArガス源62、酸素ガス源64及びクリーニングガスとして例えばNF₃ガス源66が接続されており、それぞれ開閉弁68A、68B、68Cやマスフローコントローラ70A、70B、70Cにより流量制御を行なうようになっている。更に、反応室8を区画する壁には、処理ガス導入ノズル72が設けられており、このノズル72にはガス通路74を介して処理ガス、例えばシラン源76が接続されている。このガスは、ガス通路74の途中に開設した開閉弁68D及びマスフローコントローラ70Dによりその流量が制御される。そして、処理容器2の側壁には、この内部を真空引きするための図示しない真空ポンプに接続された排気口78が設けられると共に、ゲートバルブ80を介してロードロック室82が接続される。

【0019】一方、前記矩形導波管50には、その途中にマイクロ波の反射電力をなくすべく導波管50のインピーダンス調整を行なうマッチング手段84、反射電力を検出する反射電力検出部86及びマイクロ波発生器52から出力される出力電力を検出する出力電力検出部88が順次介設されている。また、マイクロ波発生器52

は、絶縁材 90 を介して導波管 90 に接続されており、反射してくるマイクロ波が、発生器 52 内に入らないようになっている。上記反射電力検出部 86 としては、例えば方向性結合器を用いることができる。

【0020】上記マッチング手段 84 は、例えばマイクロコンピュータ等よりなる制御部 92 に電氣的に接続され、制御部 92 は、反射電力検出部 86 における検出値に基づいて上記マッチング手段 84 を制御するようになっている。具体的には、このマッチング手段 84 は、図 2 及び図 3 にも示すように E H チューナを用いることができ、矩形導波管 50 の電界 (E) 面を調整する電界面調整ユニット 94 と、この電界面に直交する磁界 (H) 面を調整する磁界面調整ユニット 96 を有している。各ユニット 94、96 は、上記矩形導波管 50 に直交するように連通状態で分岐させた断面矩形の電界調整管 98 と電界調整管 100 をそれぞれ有しており、各調整管 98 及び 100 内には、管内壁面と接してその長さ方向へ移動可能になされたショート板 102、104 がそれぞれ設けられている。従って、各ショート板 102、104 を調整管内に沿って適宜移動させることにより、電界面及び磁界面を調整してインピーダンスを変化し得るようになっている。

【0021】上記各ショート板 102、104 は、それぞれ摺動アーム 106、108 に連結されると共に、各アーム 106、108 は、これを移動させる電界面移動機構 107 及び磁界面移動機構 109 に連結される。各移動機構 107、109 は、それぞれアーム 106、108 の端部に設けたラック 110、112、これに歯合されるピニオン 114、116 及びこれを正逆回転させる例えばステップモータ 118、120 により構成されており、制御部 92 からの指令により、反射電力が略ゼロになるように各ショート板 102、104 の位置調整を行なうようになっている。この場合、最適なショート板位置を得るために、予め実際にプラズマを立てて各ショート板を少しずつずらして反射電力が略ゼロとなる位置をプロットすることによりマッピングが形成されており、この情報を制御部 92 の図示しない記憶部等に記憶させておく。尚、両移動機構 107、109 の構成は、一例を示したに過ぎず、ショート板 102、104 の位置調整をできるのであれば、この構成に限定されない。

【0022】また、上記制御部 92 には、出力電力検出部 88 における検出値も入力されており、出力電力と反射電力との差である実効電力、すなわち処理容器 2 内へ実際に投入される電力が所定の値になるようにマイクロ波発生器 52 の出力を制御するようになっている。

【0023】次に、以上のように構成された本実施例の動作について説明する。まず、ロードロック室 82 から未処理の半導体ウエハ W を搬入して、これを載置台 4 に載置し、静電チャック 28 のクーロン力により吸着保持する。そして、処理容器 2 内を密閉した後に、真空引き

し、所定の真空度に達したならば各ガス源から Ar ガス、O₂ ガス及び原料ガスである、例えばシランガスをこの処理容器 2 内に供給しつつ所定のプロセス圧力、例えば 1 m T o r r 程度に維持する。これと同時に、マイクロ波発生器 52 から発生したマイクロ波を矩形導波管 50 及びテーパ導波管 48 を介して伝搬し、これをマイクロ波導入窓 12 を介してプラズマ室 6 内に導入し、更にメイン電磁コイル 54 及びサブ電磁コイル 56 を駆動して処理容器 2 内に下方向に向かうミラー磁界を形成する。

【0024】このミラー磁界と、導入されたマイクロ波との相互作用で電子サイクロトロン共鳴を生ぜしめ、プラズマ室 6 にてアルゴンガスがプラズマ化されて発生したイオンは、下向き磁界 M1 に沿って反応室 8 側に供給され、このプラズマエネルギーにより酸素及びシランガスが活性化されて反応し、ウエハ表面に対してスパッタを行ないつつ S i O₂ の成膜が施される。この時、静電チャック 28 の銅箔 26 へはバイアス高周波電源 36 よりバイアス電圧を印加し、ウエハ表面へのイオンの引き付けを良好に行なわしめている。

【0025】プラズマ化された荷電粒子は、サイクロトロン振動数に共鳴するマイクロ波を吸収して円運動を行ないつつウエハ側へ引き付けられて行く。マイクロ波周波数としては、上記した工業用周波数である 2.45 G H z に限定されず、他の工業用周波数、例えば 40 M H z も用いることができる。

【0026】また、一般的にはマイクロ波発生器 52 から出力されるマイクロ波は全てプラズマ発生のために投入されるのではなく、プラズマのインピーダンスは変動し、このプラズマを含めた伝送系の反射係数にしたがって一部の電力が反射されて無効電力となる。しかしながら、本実施例においては矩形導波管 50 の途中に設けたマッチング手段 84 により電界面及び磁界面を調整してインピーダンス整合を図ることにより、無効電力を略ゼロにすることができる。すなわち制御部 92 には、各調整ユニット 94、96 のショート板 102、104 の位置をずらしつつその時の反射電力を測定した結果がマッピングされて記憶されており、この結果に基づいて装置稼働時に各ショート板 102、104 の位置がそれぞれの移動機構 107、109 によって制御される。

【0027】この場合、誤差や種々の条件によってマイクロ波の反射態様がマッピング時とは異なる場合も生じ、そのために、反射電力検出部 86 にて常時、反射電力の有無を検出している。そして、この検出信号をフィードバック信号として制御部 92 に入力し、これに基づいて更に各ショート板 102、104 の位置調整を行なってインピーダンス整合を図り、反射電力をなくすようにしている。

【0028】従って、プラズマ化に寄与しない無効電力の発生を極力抑制できるので、無駄な電力を消費するこ

ともない。また、反射電力検出部 8 6 により反射電力が監視されていると同時に、出力電力検出部 8 8 においてマイクロ波発生器 5 2 からの出力電力も常時検出されて監視されている。この場合、処理容器 2 内に投入される実効電力は出力電力と反射電力の差であることから、この実効電力が処理中、常に一定となるように制御部 9 2 は、マイクロ波発生器 5 2 のマイクロ波出力を制御している。従って、万が一、反射電力が発生しても実効電力を常時一定にすることができるので、再現性が良くなり、従って、ウエハ間における処理の均一性を保つことが可能となる。

【0 0 2 9】また、成膜処理を行なうに従って、処理容器内壁等の不要な部分にも多量の成膜が付着してこれが剥がれることによってパーティクルの原因になるので、適当な枚数だけウエハの処理を行なったならば、例えば NF_3 等のクリーニングガスを処理容器 2 内へ流すことにより壁面等に付着する SiO_2 膜を除去するクリーニング操作を行なっている。この場合、マイクロ波導入窓 1 2 を形成する天井蓋 1 0 を石英 (SiO_2) により形成すると、 NF_3 ガスによって不要な成膜のみならず、この天井蓋もドーム状に削られてしまうことになる。このように天井蓋がドーム状に削られて形状が異なってくると、それに応じて処理容器 2 内へのマイクロ波電力の入り方も僅かに異なってくることとなり、処理態様の再現性が劣化する結果となる。

【0 0 3 0】そこで、本実施例においては、この天井蓋 1 0 の構成材料として、フッ素系ガスに対するエッチングレートが低く且つ適当な誘電率を持ち、更には熱伝導率が比較的良好な絶縁材を用いている。このような材料としては、 AlN (窒化アルミ)、 Al_2O_3 (アルミナ) 等を用いることができ、特に、上記各特性を考慮した場合、 AlN が優れている。このように天井蓋 1 0 の材料として AlN を用いることにより、 NF_3 のクリーニングガスによってもあまり削られることがないので石英で構成した場合よりも交換の頻度を少なくでき、しかも、形状変化も少ないので再現性が良くなり、ウエハ間の処理の均一性を高く維持することができる。また、この AlN は熱伝導率も比較的良好なので、処理容器 2 側へ熱が効率的に伝達されて大きな熱分布を持つことがなく、従って、熱分布に起因するクラックの発生等も防止することができる。

【0 0 3 1】尚、上記実施例にあつては、成膜ガスとしてシランを用いた場合について説明したが、これに限定されず、ジシラン等の他の成膜ガスを用いることもできる。更に、ミラー磁界のみならずカスプ磁界の場合にも本発明を適用することができる。また、本実施例では、ECR 型のプラズマ CVD 装置を例にとって説明した

が、これに限定されず、プラズマアッシング装置、プラズマエッチング装置等にも適用することができ、更に半導体ウエハに限定されず、LCD 基板等についても適用することができる。

【0 0 3 2】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のプラズマ処理装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。マイクロ波を伝搬する導波管にマッチング手段を設けて導波管のインピーダンスを調整することにより、反射電力が発生することを抑制することができる、省電力化に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す断面図である。

【図 2】図 1 に示すプラズマ処理装置のマイクロ波導入系を示す斜視図である。

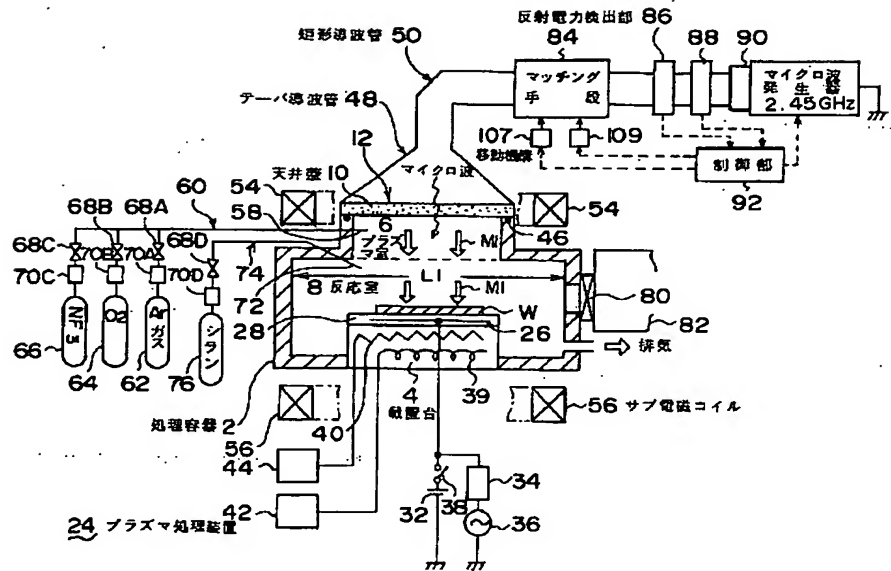
【図 3】マッチング手段を示す断面図である。

【図 4】従来のプラズマ処理装置の一例を示す断面図である。

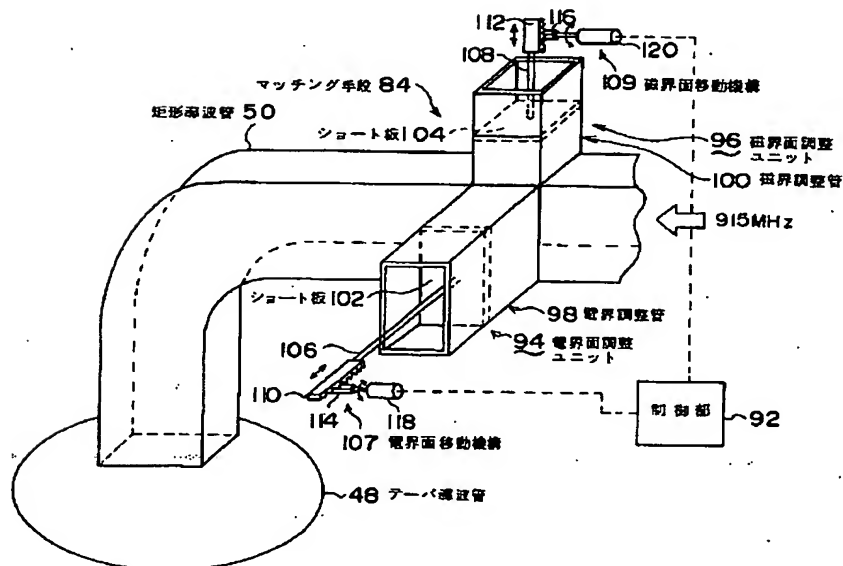
【符号の説明】

- 2 処理容器
- 4 載置台
- 6 プラズマ室
- 8 反応室
- 10 天井部
- 12 マイクロ波導入窓
- 24 プラズマ発生装置
- 28 静電チャック
- 48 テーパー導波管
- 50 矩形導波管
- 52 マイクロ波発生器
- 54 メイン電磁コイル
- 56 サブ電磁コイル
- 62 Ar ガス源
- 76 シランガス源
- 84 マッチング手段
- 86 反射電力検出部
- 88 出力電力検出部
- 92 制御部
- 94 電界面調整ユニット
- 96 磁界面調整ユニット
- 98 電界調整管
- 100 磁界調整管
- 102、104 ショート板
- 107 電界面移動機構
- 108 磁界面移動機構
- W 半導体ウエハ (被処理体)

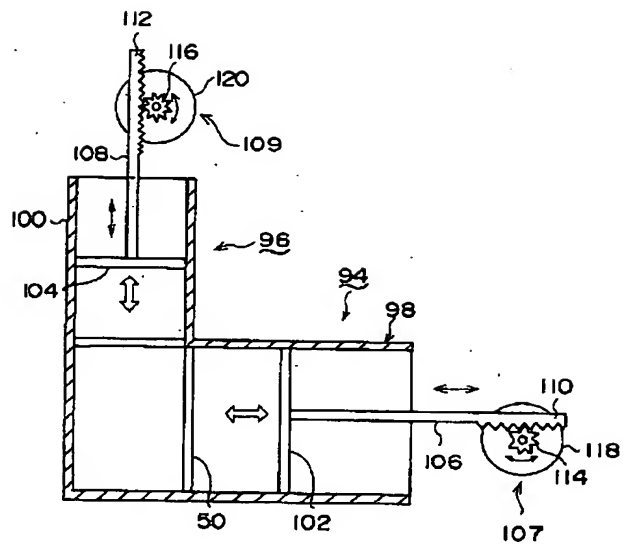
【図1】



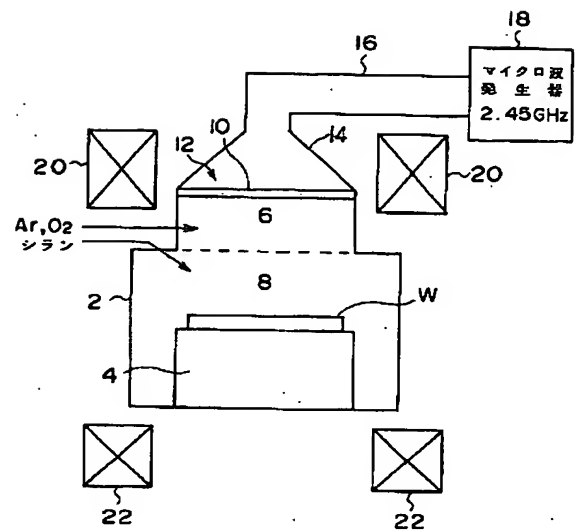
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶ 識別記号 庁内整理番号
H 0 1 L 21/31

F I 技術表示箇所
H 0 1 L 21/302 B

(72) 発明者 川上 聡
神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41号
東京エレクトロン東北株式会社相模事業所内

(72) 発明者 虎口 信
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内